

प्रकाशिकी

सुदूर

संवेदन

एक

परिचय

“प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय”

[प्रो० पी० आर पिशारटी]

(भौतिक अनुसंधान शाला (इसरो), अहमदाबाद, द्वारा लिखित मूल पुस्तक
“इन्ट्रोडक्शन टु माप्टिकल रिमोट सेन्सिंग” का हिन्दी रूपान्तर)

अनुवादकर्ता

प्रो० पी० एन० कल्ला

चेयरमैन, संचार क्षेत्र,

अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र,

अहमदाबाद-380053

एवं

काली शंकर

इलेक्ट्रानिकी इन्जीनियर,

दिल्ली यू केन्द्र, अन्तरिक्ष उपयोग के

नई दिल्ली-110021



दी स्टूडेंट्स बुक कम्पनी

प्रथम संस्करण : 1986

प्रकाशक : दी स्टूडेंट्स बुक कम्पनी
चौडा रास्ता, जयपुर-302003 (राजस्थान)
फोन - 72455, 74087

मूल्य : 15.00 रुपये

मुद्रक : गौरव प्रिण्टर्स, जयपुर

श्रामुख

सुदूर संवेदन प्राधुनिक एवं तीव्र गति से विकसित हो रही विज्ञान की शाखा है, जो देश में कृषि, मौसम विज्ञान, वन्य शास्त्र एवं जल विज्ञान जैसे विभिन्न क्षेत्रों में बहुत उपयोगी है। भ्रमन्वित तकनीकी में अनेक प्रकार की कलाएं शामिल हैं, जो किसी भी पदार्थ या क्षेत्र के लक्षण और गुणों की माप बिना किसी उपकरण के उस पदार्थ या क्षेत्र के सीधे सम्पर्क में आये हुए कर सकती है। प्रेक्षण के लिए सुदूर संवेदन उपकरणों का प्रयोग उन्हें किसी एयर बॉन या अन्तरिक्ष मंच पर रख कर किया जाता है। उन्नतिशील अन्तरिक्ष तकनीकी ने सुदूर संवेदन और इसके उपयोगों को, विशेषकर पृथ्वी के प्राकृतिक संसाधनों से सूचना संचय की दिशा में, एक नया मोड़ दिया है।

पिछले कुछ सालों में हमारे देश में इन तकनीकों को इस्तेमाल करके अनेकों प्रयोग किये गये हैं, तथा इनमें से बहुतों-को आरम्भ करने में प्रो. पी. आर. विशारटी ने एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। इस छोटी पुस्तक के द्वारा, जो उनके द्वारा विभिन्न शैक्षणिक संस्थानों में दिये गये व्याख्यानो का संचय है, प्रो. विशारटी ने 'इम नवीन तकनीक के मूल सिद्धांतों को सरल तरीके से समझाया है। मुझे आशा है कि पाठकगण इस पुस्तक को काफी उपयोगी पायेंगे।

सतीश धवन

अध्यक्ष

भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान मंडल

दो शब्द

सुदूर संवेदन तकनीक ने कृषि एवं वन्यशास्त्र के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। इसलिए यह तितान्त आवश्यक है कि इस तकनीक के विषय में सामान्य लोगों को अधिक से अधिक जानकारी करायी जाए। यह तभी संभव है जब इस तकनीक से संबंधित अधिकाधिक साहित्य जनसाधारण की भाषा में लिखा जाए। मेरे द्वारा लिखी गई "इन्ट्रोडक्शन टू ऑप्टिकल टिमोट सेन्सिंग" पुस्तक का हिन्दी रूपान्तर "प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय" के रूप में करके श्री प्रो. पी एन. कल्ला एवं श्री काली शंकर ने एक अत्यन्त प्रशंसनीय कार्य किया है। आशा है कि "प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय" पुस्तक जनसाधारण के लिए उपयोगी सिद्ध होगी।

—पी० भार० विशारदी

विषय-सूची

परिचय

- | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम | 3 |
| 2. | मानवीय दृष्टि | 7 |
| 3. | दृष्टिगोचर एवं निकट भ्रवरक्त क्षेत्र में फोटोग्राफी के द्वारा सुदूर सवेदन फोटोग्राफी कैमरा | 11 |
| 4. | भ्रवरक्त विकिरण के लिए ठोसावस्था संसूचक | 18 |
| 5. | टेलीविजन तन्त्र | 28 |
| 6. | पृथ्वी-लक्षण पहचान | 31 |
| 7. | संदर्भ सूची | 36 |

परिचय

सुदूर संवेदन की प्राधुनिक तकनीक पृथ्वी के अन्दर की सम्पत्ति के सर्वेक्षण का एक कुशल तरीका है। यह बहु-उद्देश्यीय तकनीक है जो पृथ्वी की सतह पर या पृथ्वी की सतह के बहुत समीप स्थित वस्तुओं और लक्षणों के द्वारा विसरित एवं उत्सर्जित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का प्रयोग करती है। यद्यपि खगोल-विज्ञान और खगोल भौतिकी के क्षेत्र में विदित अधिकांश ज्ञान इन्हीं तकनीकों से प्राप्त हुआ है, फिर भी इन्हें सुदूर संवेदन का एक हिस्सा नहीं माना जाता। वास्तव में सुदूर संवेदन खगोल विज्ञान का विलकुल उल्टा है, जिसमें गुब्बारों, वायुमानों तथा उपग्रहों के द्वारा पृथ्वी का प्रेक्षण शामिल है।

1858 में पहली बार एक फ्रांसीसी श्री जी. एफ. टूर्नबोन ने एक गुब्बारे की सहायता में, जो पेरिस के ऊपर उड़ा, कुछ फोटो लिए। उनके चार साल बाद 1862 में, अमरीकी गृह-युद्ध के दौरान गुब्बारों के द्वारा इस प्रकार के फोटो सैनिक प्रयोजन के लिए लिए गये थे। दो विश्व युद्धों के दौरान हवाई फोटोग्राफी का विशेषकर प्रयोग हुआ, तथा अवरक्त फोटोग्राफी का प्रयोग भी द्वितीय विश्व युद्ध के दौरान प्रकाश में आया।

गुब्बारों तथा हवाई जहाज के द्वारा पृथ्वी की सतह की इस प्रकार से की गई फोटोग्राफी सुदूर संवेदन तकनीक का ही एक भाग है। तकनीकी साहित्य में "सुदूर संवेदन" का नाम पहली बार 1961 में उस समय प्रयोग किया गया था, जब अमरीकी नौ सेना की परियोजना "हवाई फोटोग्राफी का अध्ययन" का नामकरण सुदूर संवेदन के रूप में पुनः रखा गया। एक दूरी से किसी चीज के पता लगाने के तरीके का साहित्यिक शब्दार्थ सुदूर संवेदन है, यद्यपि आजकल यह बहुत ही सीमित रूप में प्रयोग किया जाता है, जिसे विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के द्वारा सूचना की मज्जा दी गई है।

विद्युत् से दशकों में अचरित विकिरण संवेदी फिल्मों एवं सूचकों का विकास तथा उनका वायुयानों तथा अन्तरिक्ष यानों में प्रयोग तेजी से किया गया। इनके साथ-साथ टेलिविजन के क्षेत्र में तथा भू-केन्द्रों और उपग्रहों के बीच क्षीण विद्युत् सिग्नलों के प्रेषण, अभिग्रहण एवं डिमॉडिंग तरीकों में भी काफी सुधार आया। सूचना सप्तापन के क्षेत्र में भी काफी प्रगति हुई।

सुदूर संवेदन पृथ्वी की अन्तरिक स्थिति के सर्वेक्षण का एक नया तरीका है, जिसमें उपयुक्त विकासों के साथ-साथ वैज्ञानिकों भी मूल प्रवीणता का पूरा प्रयोग विभिन्न क्षेत्रों जैसे कृषि, वन्य-शास्त्र, जल विज्ञान, भू-विज्ञान, समुद्र विज्ञान तथा नगर-आयोजना में किया जाता है।

विद्युत्-चुम्बकीय सिग्नल की सूचन एवं प्रक्रमण से सीधी प्रयोज्य सूचना नहीं मिलती। विद्युत्-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के दृष्टिगोचर एवं अदृष्टि-गोचर भाग में किसी वस्तु की परावर्तकता एवं उत्सर्जन उस वस्तु के लक्षण होते हैं, जैसे वह वस्तु फसल या पेड़ या मिट्टी या खनिज-युक्त चट्टान हो। किसी वस्तु के स्पेक्ट्रम तीव्रता के लाक्षणिक बटन को "स्पेक्ट्रम सिग्नेचर" कहते हैं। हवाई जहाज या किसी अन्तरिक्ष में अभिग्रहित तथा भू-केन्द्र को प्रेषित विद्युत्-चुम्बकीय सिग्नल इन हस्ताक्षरों के रूप में जाने जाते हैं तथा इनके द्वारा सम्बन्धित भू-लक्षणों का अनुमान लगाया जाता है। वायुयान तीव्र गति से आँकड़ों का संचय करता है; तथा किसी वायुयान के द्वारा आँकड़ा संचय परिणाम में कई गुना ज्यादा होता है लेकिन उसका वियोजन कम होता है। एक ओर वायुयान और अन्तरिक्षयान के बीच घनिष्ठ सम्बन्ध तथा दूसरी ओर प्रयोगशाला और क्षेत्र वैज्ञानिक के बीच घनिष्ठ सम्बन्ध सुदूर संवेदन की आवश्यकता है। अधिकांश लोग सुदूर संवेदन से सम्बन्धित यंत्रोत्तर सामग्री के क्षेत्र में हुए तीव्र विकासों से अवगत नहीं हैं। भूगोल, भू-विज्ञान और कृषि के विद्यार्थी गणित एवं भौतिक विज्ञान के क्षेत्र में समुचित प्रशिक्षण नहीं प्राप्त कर पाते, जो मात्र के युग में महत्वपूर्ण विकासों को समझने तथा उनको प्रायोगिक रूप में लाने के लिए अनिवार्य है। यह प्रारम्भिक पुस्तक एक लघु भूमिका निभा सकती है, जिसे पत्रकारिता की भाषा में "पर्दाफास" कहते हैं।

1. विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

सारी वस्तुएं, जिनका तापमान शून्य डिग्री सेल्सियस से अधिक है, विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का उत्सर्जन करती हैं। ब्लैकबॉडी जैसे आदर्श मामले में उत्सर्जित ऊर्जा की तीव्रता और तरंग दैर्घ्य का सम्बन्ध प्रसिद्ध "प्लैंक्स के विकिरण नियम" के द्वारा दर्शाया जाता है। प्रत्येक तरंग दैर्घ्य पर तीव्रता तथा वक्रता का सामान्य आकार, विशेषकर अधिकतम तीव्रता की स्थिति, पिंड के तापमान पर निर्भर करती है। स्टीफन के विकिरण के नियम के अनुसार कुल उत्सर्जित ऊर्जा निरपेक्ष तापमान की चौथी घात के समानुपाती होती है। विद्युत के विस्थापन के नियम के अनुसार, तरंगदैर्घ्य, जिस पर उत्सर्जित ऊर्जा अपनी चरम सीमा में होती है, निरपेक्ष तापमान के समानुपाती होती है।

$$R = \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (\text{स्टीफन का नियम})$$

$$\lambda m T = \text{स्थिर} \quad (\text{वियेन का नियम})$$

ये दोनों नियम प्लैंक्स के नियम से व्युत्पन्न किये जा सकते हैं :—

$$E_{\lambda} d\lambda = \frac{2\pi h C^2}{\lambda^5} \frac{d\lambda}{\left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda Kt}\right) - 1 \right)}$$

जहाँ :

E_{λ} : स्पेक्ट्रमी विकिरणी उत्सर्जन, वाट से.मी. $^{-2}$ μ^{-1}

λ : तरंग-दैर्घ्य, माइक्रोमीटर में (μ), 10^{-6} मी.

h : प्लैंक का नियत = 6.626×10^{-34} जूल सेकेण्ड

T : निरपेक्ष तापमान, डिग्री सेल्सियस

C : प्रकाश की गति = 2.997925×10^{10} से.मी. सेकेण्ड $^{-1}$

K : बोल्ट्ज मैन का नियत = 1.3805×10^{-23} जूल सेल्सियस $^{-1}$

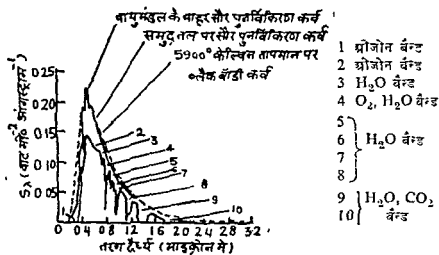
वास्तविक वस्तुएं उत्सर्जित तीव्रता के स्पेक्ट्रमी बंटन में सत्य ब्लैकबॉडीज की तरह व्यवहार नहीं करती। λ से $\lambda + d\lambda$ के तरंग दैर्घ्य खण्ड में किसी सतह के द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा तथा उसी खण्ड में एक ब्लैक सतह

के द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा के अनुपात को पदार्थ की तरंग दैर्घ्य λ में उत्सर्जन शक्ति कहते हैं। इसी प्रकार किसी वस्तु की अवशोषण क्षमता वस्तु के द्वारा एक दिये हुए तरंग दैर्घ्य खण्ड में अवशोषित ऊर्जा तथा उसी खण्ड में एक ब्लैक बॉडी के द्वारा अवशोषित ऊर्जा का अनुपात होती है। "किर्चॉफ के नियम" के अनुसार किसी भी सतह की अवशोषण शक्ति उसकी उत्सर्जन शक्ति के बराबर होती है।

सैद्धांतिक रूप में विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम अनन्त है। दीर्घ तरंग छोर के समीप 1 से 10 कि०मी० तरंग दैर्घ्य की लम्बी रेडियो तरंगें विद्यमान हैं, तथा शार्ट-वेव छोर के पास 10^{-8} से 0 मी० तरंग दैर्घ्य श्रेणी की एक्स किरणें विद्यमान हैं। दृष्टिगोचर क्षेत्र लगभग 0.4×10^{-6} मीटर (बैंगनी रंग) से 0.7×10^{-6} मीटर (लाल रंग) तक फैला हुआ है। 0.7μ से लगभग 5μ के खंड को "नियर इन्फ्रारेड" कहते हैं; 5μ से लगभग 20μ के खंड को ऊष्मीय अवशोषण छोर कुछ मिनी मीटर से कुछ से०मी० के खंड को माइक्रोवेव खंड कहते हैं।

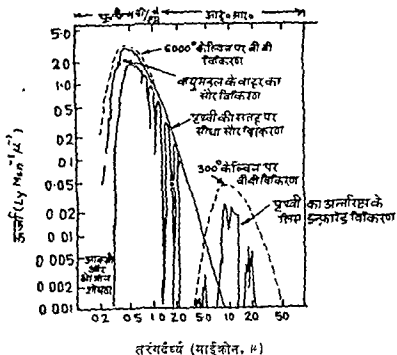
सुदूर संवेदन तकनीक में पौधों, चट्टानों, पानी या बर्फ तथा बाइलों (जो हवा में तैरती हुई मात्र पानी की बूंदें या हिमवर्तिकाएं हैं) के द्वारा उत्सर्जित या परावर्तित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का पता लगाना शामिल है। सुदूर संवेदन के विषय में नई बात ऐसे विकिरणों का संसूचन है जिनकी अनुभूति मानव आँख या मानव त्वचा के द्वारा नहीं की जा सकती। जहाँ वस्तुएं अपने निजी तापमान के कारण विकिरण का उत्सर्जन करती हैं, वही वे अपने ऊपर पड़ने वाले सौर विकिरण का परावर्तन भी करती हैं। सूर्य ब्लैक बॉडी की भाँति, जिसकी सतह का तुल्यमान तापमान 5900 डिग्री केल्विन है, विकिरण का उत्सर्जन करता है। (चित्र—1) हालाँकि जब तक सौर विकिरण पृथ्वी की सतह तक पहुँचते हैं, उनकी तीव्रता कम हो जाती है तथा इसके बहुत से अंशों, विशेषकर अवशोषण तथा परावर्तन खंडों में, का विभिन्न दरों में अवशोषण हो जाता है। स्थलीय वस्तुओं पर पड़ने वाले सूर्य के प्रकाश का स्थलीय वस्तुओं के द्वारा किया गया परावर्तन/उत्सर्जन उम वस्तु के प्रमुख परावर्तन/उत्सर्जन गुणों के द्योतक होते हैं। दानस्पतिक पदार्थों के कुछ सेलों की गहराई तक सौर किरणें प्रवेश कर जाती हैं, तथा वहाँ पर

मेलों की दीवार से बहुपरावर्तन के दौर से गुजरती हैं, तथा उसके बाद कुछ सेलों के बीच से गुजरती हुई वापस आती हैं। इस प्रक्रिया के दौरान ही पेड़-पौधे अपने लक्षण परावर्तित/विलम्बित विकिरण को प्रदान करते हैं। कार्बनिक अणु दृष्टिगोचर क्षेत्र की अपेक्षा अवरक्त क्षेत्र में अधिक होते हैं। दूसरे शब्दों में, एक पौधे से आने वाली दृष्टिहीन निकट अवरक्त किरणों में सूचना सामग्री पौधे के द्वारा विलम्बित दृष्टिगोचर किरणों की अपेक्षा ज्यादा होती है। कृषि एवं पौधों से सम्बन्धित अध्ययनों में अब तक केवल दृष्टिगोचर विकिरण का ही प्रयोग हुआ है। सुदूर संवेदन तकनीक ने निकट अवरक्त क्षेत्र में निहित सूचना के प्रयोग का एक अवसर प्रदान किया है।



चित्र (1) सौर स्पेक्ट्रम में ऊर्जा का वितरण

(मौजूदा से : कोन्स्टेबल, के० या० रेडियेशन इन दी
 एटमोस्फीयर एकेडमिक प्रेस)



चित्र (2) सौर विकिरण का कुछ व्योरा

(सौजन्य से : सेलसं डब्ल्यू० वी०, फिजिकल क्लाइमेटोलोजी,
चिकागो यूनिवर्सिटी प्रेस)

वियेन के नियम के अनुसार :

$$\lambda m T = 2898; 3000 \text{ के बहुत समीप}$$

जिसमें λm को μ के रूप में तथा T को डिग्री केल्विन के रूप में प्रदर्शित किया गया है। फलस्वरूप, यदि उत्सर्जक सतह का तापमान 300 डिग्री केल्विन (27 डिग्री सेन्टीग्रेड) हो या उसके आस-पास हो तो ऊर्जा का उत्सर्जन 10μ क्षेत्र में अधिकतम होता है; और जब 250 डिग्री केल्विन (—23 डिग्री सेन्टीग्रेड) का तापमान बादलों के 8 कि०मी० क्षेत्र के ऊपर हो तो वह 12μ क्षेत्र में घटित होता है। इसलिए इस प्रकार तापमानों की भाव तथा ऐसे तापमानों पर वस्तुओं का समूचन 10 से 12μ क्षेत्र में संवेदी प्रचरक समूचकों के प्रयोग से ज्यादा प्रभावी होता है। सौभाग्य से जल वाष्प

को मिलाकर वायुमंडलीय संपटक इस तरंग बैंड में बहुत कम अवशोषण दिखाते हैं। इस क्षेत्र को "वायुमंडलीय गवंध" कहते हैं।

वस्तुएं विद्युत चुम्बकीय तरंगों का उत्सर्जन मिली मीटर माइक्रोवेव क्षेत्र में भी करती हैं, जैसे 0.1 मि० मी० से 3 से० मी० तरंग दैर्घ्य की शार्ट रेडियो तरंगें। उत्सर्जन प्लैंक नियम को मानता है क्योंकि रैंसे सन्निकटन तभी लागू होता है जब तरंग दैर्घ्य बड़े होते हैं। इस सन्निकटन के अनुसार प्रति इकाई क्षेत्र में निम्न उत्सर्जित ऊर्जा होगा,

$$E_{\lambda d\lambda} = (2\pi CK) T \lambda^{-3} d\lambda$$

परिकल्पना से यह दिखाया जा सकता है कि ऊर्जाएं बहुत छोटी हैं। लेकिन रेडियो तरंगों के समूचन के तरीके से इतनी अधिक उपलब्धि हुई है कि विशाल क्षेत्रों से उत्सर्जित माइक्रोवेव ऊर्जा—सौ वगैरे कि० मी० या अधिक—का समूचन एक ऊंचे उड़ने वाले वायुयान से किया जा सकता है; दूसरे शब्दों में, हवाई जहाज में ऐसे समूचक कुछ हजार कि० मी० के द्वारा उत्सर्जित विकिरण का समूचन कर सकते हैं। इस प्रकार के विकिरण एक समुद्र के ऊपर तरंग स्पन्दन की अवस्था के समूचन में उपयोगी होते हैं। इन तकनीक में निष्क्रिय माइक्रोवेव तंत्रों का प्रयोग शामिल है। दूसरी ओर सक्रिय माइक्रोवेव तंत्र भी हैं जिनमें वायुयानों में उत्पादित माइक्रोवेव ऊर्जा पृथ्वी की सतह का किरणण करती है तथा परावर्तित/विक्षरित माइक्रोवेव ऊर्जा का समूचन छोटे से वायुयान में ऐसे उपकरणों की मदद से किया जाता है। परावर्तित/विक्षरित तीव्रताएं परावर्तित/विक्षरित सतह के गुणों पर निर्भर करती हैं और इसलिए इन लक्षणों का प्रयोग विभिन्न प्रकार की चट्टानों, मिट्टी, वनस्पति इत्यादि के पहिचानने तथा पता लगाने में किया जा सकता है। दो प्रकार के तंत्रों में निष्क्रिय तंत्र अधिक लाभदायक है, क्योंकि इसके अन्तर्गत वस्तु के द्वारा उत्सर्जित विकिरण वस्तु के स्वयं के द्वारा फेंके गये विकिरण की अपेक्षा वस्तु के व्यक्तित्व से सम्बन्धित थोड़े अधिक विवरण प्राप्त कराते हैं।

2. मानव दृष्टि

मानव आंख विलक्षण रूप से संवेदी और संवेतोमुखी उपकरण है, जिसे प्रकृति ने हमें प्रदान किया है। सुदूर संवेदन में यह एक आवश्यक

भूमिका निभाती है। बाह्य दुनियां से मस्तिष्क के लिए प्रमुख चैनल का काम करने के कारण अश्लि निम्न कार्य करती है :

- (क) किसी भी प्रकार की मदद प्रदान करने या न प्रदान किये जाने के बावजूद भी यह पृथ्वी की सतह की उपयोगी प्राकृतिक घटनाओं तथा लक्षणों का प्रेक्षण कर सकती है, और उनकी व्याख्या कर सकती है;
- (ख) यद्यपि आधुनिक इलेक्ट्रॉनिकी तंत्र काफी उपयोगी हैं, फिर भी अन्य सवेदकों से प्राप्त निर्गम के प्रेक्षण तथा प्रतिपादन में अश्लि का प्रयोग किया जाता है।

इसके बावजूद तरंग दैर्घ्य तथा उनकी तीव्रताओं के क्षेत्र में तथा मूचना के अवधारण और आंकड़ा प्रकरण में अश्लि की अपनी सीमाएँ हैं। इसके पहले कि हम यह विचार करें कि आधुनिक तकनीक किस प्रकार इन बाधाओं को हटा सकती है, हम अश्लि के कुछ गुणों की चर्चा करेंगे।

चाक्षुष तीक्ष्णता अश्लि के आस-पास रखी वस्तुओं के विभोजन के सामर्थ्य की माप है। यह प्रायः आर्क के मिनट में प्रदर्शित वियोजनी वस्तुओं का कोणीय पृथक्करण है। समुचित प्रदीपन के साथ सामान्य अश्लि आर्क के एक मिनट से पृथक् दो रेखाओं का वियोजन कर सकती है। अगर समान पृष्ठ-भूमि पर कोई एक लम्बी रेखा है, तो अश्लि इसका पता लगा सकती है, भले ही इसकी चौड़ाई आर्क के आधे मिनट के बराबर हो।

विभिन्न तरंग दैर्घ्यों के प्रति अनुक्रिया

अश्लि 400 आंगस्ट्रॉम से 700 आंगस्ट्रॉम तरंगदैर्घ्य के बीच के प्रकाश का, जिसमें शीर्ष अनुक्रिया सामान्य प्रकाशीय अवस्था में 5550 आंगस्ट्रॉम पर होती है, नमूचन कर सकती है। यहाँ इस बात का उल्लेख उपयोगी होगा कि सूर्य के प्रकाश में शीर्ष तीव्रता 4800 आंगस्ट्रॉम पर होती है। अश्लि की नाभीय लम्बाई लगभग 1.6 सेंटीमीटर है तथा अश्लि की पुतली का व्यास चमकीले प्रकाश में 2 मिलीमीटर से धीमे प्रकाश में 9 मिलीमीटर तक बदलता है।

$$B = \int_0^{\infty} \beta \lambda P \lambda E \lambda d\lambda$$

$$C = \int_0^{\infty} v \lambda P \lambda E \lambda d\lambda$$

$E \lambda d\lambda$ प्रकाश में वस्तु के ऊपर गिरी हुई ऊर्जा के बंटन को प्रकट करता तथा $P \lambda$ भ्रनावरणता की विशेष अवस्था में λ तरंगदैर्घ्य के लिए वस्तु परावर्तन/विम्बन गुणांक को दर्शाता है।

मनुष्य की आंख को प्रमुख उपकरण के रूप में प्रयोग करके इस क्षेत्र में व्यावहारिक भीतिही के ऊपर काफी कार्य किया जा सकता है।

त्रिविधदर्शीय दृष्टि एक मानसिक प्रक्रिया है, जो पुतली के दो पृथक् प्रतिविम्बों को संयुक्त करती है, तथा रेंज या सहायता का निर्माण करने के लिए प्रतिविम्ब के कुछ बिन्दुओं के बीच के सम्बन्ध के अन्तर को प्रयोग लाती है। इसको करने के लिए मस्तिष्क की योग्यता निसंभेद् ही आवश्यक है। आधो, हम दो छड़ियाँ लेकर एक दूसरे के पीछे इस प्रकार रखें कि एक आंख बन्द करने पर सामने वाली छड़ी पीछे वाली छड़ी को ठक से जब दूसरी आंख खोली जाती है तो दूसरी छड़ी भी दिखाई पड़ने लगती है। मस्तिष्क इन दो प्रतिविम्बों को संयुक्त करता है तथा उसके बाद उन्हें दो एक के पीछे दूसरी रखी, छड़ियों के रूप में पञ्जीकृत करता है तथा उन दोनों के बीच की दूरी का भी पता लगता है। दो प्रतिविम्बों के बीच के कोणीय विलगाव तथा दोनों आंखों के बीच की दूरी का प्रयोग इच्छित दूरी का पता लगाने में किया जाता है। सामान्य आंख को आर्क के एक मिनट की कोणीय दूरी की आवश्यकता पड़ती है, लेकिन कुछ प्रशिक्षित आंखें आर्क के दस सेकेंड तक के छोटे मानों का भी प्रयोग करती हैं।

कुछ अन्य तरीके भी हैं जिनके द्वारा बिना-सहायता प्राप्त आंख त्रिविधदर्शीय दृष्टि का कार्य करती है। उदाहरणार्थ, यदि वस्तुएं समान आकार की हैं तथा किसी दूरी में पृथक् की गई हैं, तो प्रतिविम्ब के आकार में परिवर्तन की व्याख्या दूरियों के परिवर्तन के रूप में की जा सकती है। आयरद तकनीकी ने इन तरीके का कोई प्रतिपक्ष तरीका नहीं निकाला है।

दृष्टिगोचर एवं निकट अवरक्त क्षेत्र में फोटोग्राफी के द्वारा सूक्ष्म संवेदन फोटोग्राफी कैमरा

ग्राह्य अत्यधिक सूक्ष्मग्राही है तथा पुनली के अन्दर प्रवेश करने वाले सेकन्ड कुछ (10^{-10} वाट प्रति वर्ग मिलीमीटर) फोटानों का पता लगाने क्षम है, लेकिन जो कुछ भी यह देखती है उसका स्थाई रेकार्ड नहीं बनाती। एक फोटोग्राफी फिल्म यह काम कर सकती है। यह कैमरे के लेन्स द्वारा देखे गये दृश्यों का स्थायी रेकार्ड बना सकती है। लम्बे तरंगदैर्घ्यों वाले आधुनिक फोटोग्राफी फिल्में 0.95μ तरंग दैर्घ्य तक कार्य कर सकती हैं जो मानव ग्राह्य की कार्य सीमा से बाहर है। इसलिए समुचित फिल्म तथा फिल्टरों के संयोजन से युक्त फोटोग्राफी कैमरा सूक्ष्म संवेदन के लिए साधारण एवं शक्तिशाली उपकरण है।

यहां पर किसी विशेष प्रकाशिकी कैमरे का वर्णन करना आवश्यक है। जेमिनी एवं अपोलो लक्ष्यों में हैसलब्लैंड कैमरों का प्रयोग 70 मिमी. लेंसों के साथ किया गया। मानवरहित उपग्रहों में फोटोग्राफिक शॉट के लिए उपकरण टेलीविजन कैमरों के अन्दर सम्बद्ध होते हैं। इसी तरह कैमरों तथा टेलीविजन तंत्रों का प्रयोग वायुयानों एवं गुब्बारों के द्वारा निर्मित टफामों के लिए भी किया जा सकता है।

आधुनिक सूक्ष्मग्राही फिल्मों की सतहें 3500 से 9500 आंगस्ट्रॉम क्षेत्र में परावर्तित/दिलखित सौर ऊर्जा को रेकार्ड कर सकती हैं, जिसमें परावर्तनी तथा अवरक्त भी शामिल हो जाती हैं। फोटो की गुणता प्राप्त सूर्य के प्रकाश पर निर्भर करती है। फोटो की तुलना के लिए यह आवश्यक है कि दीपन की मात्रा और इसलिए सूर्य कोण लगभग एक हों। बिना मेघों के दिन तथा दिन में दोपहर के पास का समय फोटोग्राफी के माध्यम से सूक्ष्म संवेदन करने का सबसे अच्छा समय होता है।

फिल्मों के फिल्टर संयोजन के गुण फिल्म एवं फिल्टर बनाने वाली कंपनी कोडक कंपनी के कंटालॉग प्रयोग करके पता लगाया जा सकता है, जो विभिन्न प्रकार की फिल्में एवं रेटन फिल्टरों की प्राप्ति करती है। निम्न-लिखित सारणी उदाहरण के लिए यहां दी गई है। अमरीका के फोटो प्रामिति इंस्टीट्यूट ने रंग फोटोग्राफी की यह छोटी सी पुस्तक प्रकाशित की है जो बहुत ही उपयोगी है।

सारणी

रैंटन फिल्टर नम्बर	तरंगदैर्घ्य क्षीणन	तरंगदैर्घ्य समयिन
12 (पीला)	0.49 μ से कम	0.50 μ से 0.70 μ
15 (नारंगी)	0.51 μ से कम	0.53 μ से 0.70 μ
25 (ए)(लाल)	0.58 μ से कम	0.62 μ से 0.70 μ
89 (बी)(गहरा लाल)	0.68 μ से कम	0.72 μ से 0.88 μ

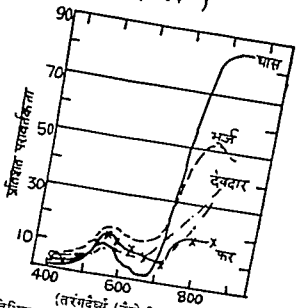
फोटोग्राफी फिल्म का वियोजन

अच्छी रंगीन फिल्म में इमल्सन 100 लाइन प्रति मिलीमीटर का वियोजन प्रदान करता है, जिसका मतलब यह है कि माइक्रोस्कोप के नीचे एक मिलीमीटर के अन्तर में 100 सफेद लाइनें तथा 100 काली लाइनें गिनी जा सकती हैं। सफेद और काले रंग के कुछ सूक्ष्म इमल्सन 1000 लाइन प्रति मिलीमीटर का भी वियोजन रखते हैं। अगर हवाई फोटोग्राफी का पैमाना 1 : 50000 हो तो भू-वियोजन रंगीन फिल्म के द्वारा 5 से०मी० तथा काली और सफेद फिल्म के द्वारा 0.5 मीटर होगा। इस मामले में वायुयान की ऊंचाई 5 कि०मी० होगी। विशेष वायुयान 25 कि०मी० की ऊंचाई तक उड़ सकते हैं तथा उस मामले में पैमाना 1 : 250000 होगा और भू-वियोजन 25 सेन्टीमीटर होगा।

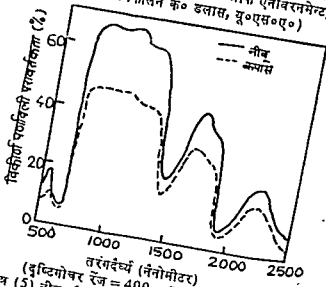
100 कि०मी० की ऊंचाई पर उपग्रह को प्रयोग करने से फोटो का पैमाना 1 : 10⁷ हो सकता है तथा भू-वियोजन 10 मीटर होगा, यदि उस ऊंचाई पर फोटोग्राफी फिल्मों का प्रयोग किया जाय। वैसे उन ऊंचाइयों पर फोटोग्राफी फिल्मों का प्रयोग नहीं किया जाता बल्कि टेलीविजन तन्त्र या प्रकाशिकी क्रमवीक्षण का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के तन्त्रों को प्रयोग करके भू-तत्व का वियोजन 50 से 100 मीटर होता है। लैंडसैट प्रतिबिम्बिकी के मामले में यह लगभग 70 मीटर है।

फोटोग्राममिति

फोटोग्राममिति हवाई फोटोग्राफी की सहायता से सम्पादित सर्वेक्षण एवं मानचित्रण की प्रक्रिया है। कई दशकों से भारतीय सर्वेक्षण विभाग इन

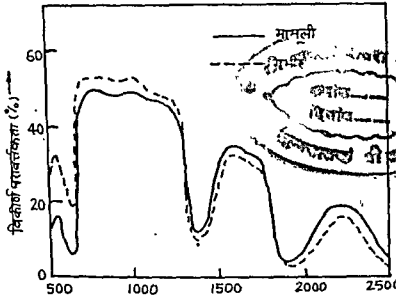


चित्र (4) विभिन्न प्रकार की पत्तियों की स्पेक्ट्रल परावर्तकता (तरंगदैर्घ्य (नैनोमीटर)
(सौजन्य से : फिट्ज एल., रिमोट सेन्सिंग ग्रॉफ एनविरनमेन्ट, भाटं 22, हाउसन मिफलिन कं० इलास, यू०एस०ए०)

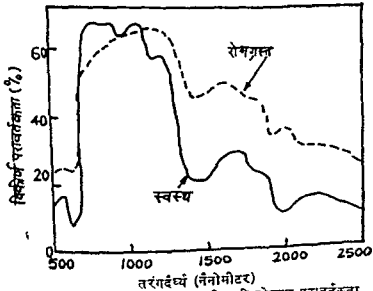


(दृष्टिगोचर रेंज = 400 - 700 नैनोमीटर)
चित्र (5) नीबू और कपास पत्तियों की स्पेक्ट्रल परावर्तकता
(सौजन्य से : माइर्स वी०आई०एड० रिमोट सेन्सिंग
नेशनल एकेडमी ग्रॉफ साइन्सेज, यू०एस०ए०)

तरंग दैर्घ्य (नैनोमीटर) →



चित्र (6) नाइट्रोजन की कमी से ग्रसित स्वीट पेपर की स्पेक्ट्रल परावर्तकता (सौजन्य से : माइसं वी०आई०एड०—रिमोट सेन्सिंग नेशनल एकेडमी ऑफ साइन्सेज, यू०एस०ए०)



चित्र (7) स्वस्थ और रोगग्रस्त चीड़ की स्पेक्ट्रल परावर्तकता (सौजन्य से : प्रोफीडिंग ऑफ दी VIII वी इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑफ रिमोट सेन्सिंग, वाल्यूम II, एन प्रबंर मिचीयन, यू.ए.ए.)

काली और सफेद फिल्म का निर्माण किया गया जिस पर प्रवरक्त के लिए सूक्ष्मग्राही इमल्सन को परत लगाई गई। तब इस नई फिल्म पर छलावरण में रुके लक्ष्यों को इंगित करना बड़ा आसान हो गया। प्राये कुछ अन्य अनुसंधानों ने एक ऐसी रंगीन फिल्म के विकास को जन्म दिया जिसमें अल्प तरंगदैर्घ्य की और रंग का स्थानान्तरण होता था। दृष्टि हीन क्षेत्र में निकट प्रवरक्त सूक्ष्मग्राही परतें इसे किरमिजी लाल रंग के रूप में रंगीन फोटोग्राफ में रिकार्ड कर लेती हैं, सामान्य लाल सूक्ष्मग्राही परतें रंगीन फोटोग्राफ में नीले रंग की तरह रिकार्ड करती हैं; स्पेक्ट्रम का सामान्य नीला छोर (5000 माइक्रोम से कम) एक पीले फिल्टर के द्वारा काट दिया जाता है। इसलिए इस फिल्म को त्रुटियुक्त रंगीन प्रवरक्त फिल्म कहते हैं। कोड एक्टो-प्रोम प्रवरक्त एरो फिल्म 8443 इसी प्रकार की फिल्म है। कृत्रिम, समुद्र विज्ञान एवं भू-विज्ञान के क्षेत्र में फिल्म और फिल्टर का यह संयुक्त संयोजन काफी उपयोगी है।

रंगीन फिल्मों के विषय में कुछ थोड़ा सा व्यौरा

रंगीन फिल्मों के विभिन्न स्पेक्ट्रमी तण्डों के लिए सूक्ष्मग्राही रंग सामग्री की लीन परतें होती हैं। एक सामान्य रंगीन फिल्म में एक परत नीले रंग के लिए, दूसरी परत हरे रंग की और तीसरी लाल रंग के लिए सूक्ष्मग्राही होती है। सम्बन्धित रंगीन परतों के रंग पीले, मैगनेटा तथा नीलिमा युक्त (नीला-हरा) रंगों के होते हैं। विकसित फिल्म में बने प्रतिबिम्ब में वास्तविक वस्तु के सारे रंग मौजूद होते हैं। दूसरे शब्दों में नीला, नीले की तरह हरा, हरे की तरह तथा लाल, लाल रंग की तरह प्रतीत होगा।

एक्टोप्रोम प्रवरक्त एरो फिल्म में एक परत हरे रंग के प्रति, दूसरी लाल रंग के प्रति तथा तीसरी इन्फ्रारेड के प्रति सूक्ष्मग्राही होती है। यह सारी परतें नीले रंग के प्रति भी सूक्ष्मग्राही होती हैं। लेकिन रेंटन का 12 या 15 नम्बर के फिल्टर का प्रयोग कैमरे के लेंस के सामने रख कर नीले रंग की गुंथंरूपेण हटाने के लिए किया जाता है। सामान्य रंगीन फिल्मों की भांति रंगीन परतों का रंग इस फिल्म में भी पीला मैगनेटा और नीलिमा युक्त होता है। विकसित फिल्म में ये रंग नीले, हरे और लाल के रूप में उभरते हैं, वास्तविक हरा नीले के रूप में, वास्तविक लाल हरे रंग के रूप में तथा इन्फ्रारेड किरमिजी लाल के रूप में उभरता है।

एक बार जब उपयुक्त सिद्धांत समझ में आ जाते हैं, तो यह समझना बड़ा आसान हो जाता है कि कम या बिना अवरोध परावर्तकता वाली चीजें फोटो में कैसी प्रतीत होती हैं। लाल या तो बिल्कुल नहीं होगा अथवा बहुत ही कम होगा तथा वस्तु फिल्म में नीला-हरा लक्षण लिए हुए प्रतीत होगा। रोगग्रस्त वनस्पति इस प्रकार दोषयुक्त रंगीन फिल्म में रिकार्ड किये जाते हैं।

तीन परतों की स्पेक्ट्रमी सूक्ष्मग्राहिता चित्र 3 में दिखाई गई है। 12 और 15 नम्बर का रेंटन फिल्टर 5000 आंगस्ट्राम से कम तरंग दैर्घ्य की कान्ति को सम्पूर्ण रूप से हटा देता है। नीलिमा संरचित परतों की सूक्ष्मग्राहिता जान बूझ कर दूसरी दो परतों की अपेक्षा काफी कम रखी जाती है, क्योंकि दृष्टिगोचर क्षेत्र की अपेक्षा विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों की अवरोध परावर्तन क्षमता काफी ज्यादा है। यदि इस प्रकार विभिन्न पीधों की अवरोध परावर्तकता में भेद रखने की आवश्यकता है तो संबंधित परत की सूक्ष्मग्राहिता कम होनी चाहिए जिससे ऐसा न हो कि प्रतिबिम्ब "संतृप्त" हो जाय।

कृषि एवं वन्य शास्त्र में उपयोग

इस प्रकार यह बिल्कुल निश्चित है कि दोषयुक्त रंगीन फिल्म का मुख्य उपयोग खाद्य फसलों की पर्णावली, फसलों, फलोद्यानों और जंगली पेड़ों की फोटोग्राफी के लिए है। पर्णावली के लक्षणों के आधार पर सम्बन्धित जातियों की सम्पत्ति-मूची तैयार की जा सकती है। नाइट्रोजन या फास्फोरस के अभाव में या दूसरे प्रकार की तनावयुक्त बीमारियों या कीड़े-मकौड़ों से ग्रस्त होने के कारण इन जातियों के लक्षणों में परिवर्तनों का पता लगाया जा सकता है तथा सम्भावना एवं आवश्यकतानुसार उपचार के तरीकों का प्रयोग किया जा सकता है। चित्र 4 एवं चित्र 5 में विभिन्न प्रकार के पीधों एवं फसलों की पर्णावली की कुछ विशिष्ट स्पेक्ट्रमी परावर्तकता को दिखाया गया है।

एक जाति से दूसरी जाति के बीच अवरोध परावर्तकता में काफी अन्तर है, जबकि दृष्टिगोचर क्षेत्र में सम्बन्धित परावर्तकता कम है। किसान और वनपाल दृष्टिगोचर क्षेत्र में केवल परावर्तकता का प्रयोग करते आ रहे हैं। अवरोध परावर्तकता को प्रयोग करके मुद्दूर संवेदन अन्य किसी प्रकार के तरीके की अपेक्षा अधिक सूचना प्रदान करने में मक्षम है। प्रायः ऐसा होता है कि बीमारी या नाइट्रोजन या फास्फोरस में कमी के कारण किसी पीधे की

वृद्धि में आई रुकावट का पहला संकेत प्रवरक्त परावर्तकता के कम (या कभी-कभी बढ़ जाने से) हो जाने से मिलता है और यह दृष्टिगोचर क्षेत्र में किसी प्रकार के रोग लक्षण के पहले ही होता है।

चित्र 7 में स्वस्थ और अस्वस्थ पेड़ों की स्पेक्ट्रमी परावर्तकता में अन्तर दिखाया गया है।

ये चित्र भारत से बाहर प्रकाशित सम्बन्धित साहित्य से लिये गये हैं तथा विषय को समझाने के लिए प्रयुक्त किये गये हैं। ये उन देशों के अपने पेड़-पौधों के विषय में बतलाते हैं। इन मामलों में यह नहीं समझा जाना चाहिए कि विभिन्न पर्यावृत्तियों के लक्षण वही हैं जो चित्र में दिये गये हैं। ये लक्षण विभिन्न परिस्थितियों में, जैसे पत्ती का जीवनकाल, पत्तियों का सूर्य प्रकाश के सन्दर्भ में दिग्बिन्द्यास, मिट्टी की हालत, बीज की विशिष्टता जिससे प्रमुख वनस्पति जनित हुआ है, ऋतु, मौसम की अवस्था जिसके अन्तर्गत बीजा परीक्षण के दौरान फला-फूला है इत्यादि के अनुसार बदलते रहते हैं।

हमारे देश में विभिन्न प्रकार के वन्य, वनस्पति एवं कृषि वनस्पति की लाक्षणिक स्पेक्ट्रमी परावर्तकता का पता लगाना आवश्यक है (निकट प्रवरक्त क्षेत्र में कार्य करने वाले स्पेक्ट्रो-फोटोमीटरों को प्रयोग करके)। इसे सूर्यगोण, वनस्पतियों की बाढ़, सघटित मौसम, मिट्टी के प्रकार, कृषि शास्त्र के साधनों इत्यादि की विभिन्न परिस्थितियों में सम्पन्न करने की आवश्यकता है। इतना बड़ा कार्य किसी एक प्रयोगशाला के द्वारा किया जाना सम्भव नहीं है। इस प्रकार के कार्यों में अमेरिका और रूस जैसे देश भारत से कुछ वर्ष आगे हैं।

4. प्रवरक्त विकिरण के लिए ठोसावस्था संसूचक

सूक्ष्म संवेदन के क्षेत्र में की गई प्राधुनिक प्रगति अति सूक्ष्म विकिरण के समूचन की क्षमता रखने वाले ठोसावस्था साधनों के विकास के कारण हुई है। यह कहा जाता है कि सूपाद सर्प के सिर के ऊपर तापीय प्रवरक्त के प्रति सूक्ष्मग्राही दो दाग होते हैं। अपने निकार (चूहा या मेढक) के द्वारा उत्सर्जित प्रवरक्त विकिरण का पता लगाने के लिए साप इनका प्रयोग करता है जो थोड़ी दूर पर स्थित इसके घरने पास के पर्यावरण की प्रवेशा अधिक गरम होता है। प्राधुनिक प्रवरक्त समूचक कुछ कि० मी० दूर स्थित एक बत्ती के

तापीय विकिरण या एक हवाई जहाज की उड़ान के कुछ घंटों बाद उसके द्वारा छोड़े हुए धुएँ के तापीय विकिरण का पता लगा सकते हैं।

आजकल के सारे अवरक्त संसूचक मणिभीय ठोसों से बनाये जाते हैं। वे या तो फोटो चालक होते हैं या फोटो वाष्पशील होते हैं। जब अवरक्त विकिरण एक फोटो चालक संसूचक पर गिरता है तो कुछ इलेक्ट्रॉन ऊर्जा का प्रवशोपण करके चालन बैंड में कूद जाते हैं। इस प्रकार से विस्थापित इलेक्ट्रॉनों की संख्या अवरक्त विकिरण की मात्रा के समानुपाती होती है बशर्ते कि इसका तरंग दैर्घ्य एक निम्न तरंग दैर्घ्य से कम हो जिसका निर्धारण अमुक संसूचक के गुणों के आधार पर किया गया हो। जब ऐसा होता है तो संसूचक की चालकता बढ़ जाती है तथा इसके द्वारा प्रवेश हो रही विद्युत-धारा बढ़ जाती है। एक प्रयुक्त बोल्टेज के अन्तर्गत यह वृद्धि आपतित विकिरण के समानुपाती होती है, जो विद्युत धारा के परिवर्तन के रूप में मापी जा सकती है।

एक फोटो वाष्पीय संसूचक में इच्छित "टोपेन्ट" से गंसीय विसरण के द्वारा एक ठोस अर्धचालक पदार्थ के अन्दर एक पी. एन. जंक्शन बनाया जाता है। आपतित विकिरण इस जंक्शन में विद्युतीय फील्ड के द्वारा पृथक् किये गये इलेक्ट्रॉन-होल को जन्म देता है जिसमें फोटो-बॉल्टेज पैदा होना है। पी. एन. जंक्शन की उपस्थिति के कारण फोटो वाष्पीय संसूचक अन्दरूती' निमित्त बायस सप्लाई युक्त फोटो-चालक संसूचक से काफी मिलता जुलता है।

किसी संसूचक से प्राप्त सिग्नल प्रायः संकीर्ण स्पेक्ट्रम बैंड की आपतित पावर के समानुपाती होता है; जिसमें समानुपाती स्थिर को संसूचक की "अनुक्रियाशीलता" कहते हैं।

संसूचक पूरा निर्गम सिग्नल निवेश विकिरण के पावर स्तरों में परिवर्तन करने से तुरन्त पैदा नहीं करते बल्कि उसमें कुछ देरी लगती है। जब निवेश पावर में अचानक कोई परिवर्तन किया जाता है तो संसूचक के निर्गम के अधिकतम मान के लगभग 36% मान तक पहुँचने में लगे समय को संसूचक का अनुक्रिया समय कहते हैं। इस समय का विशेष ध्यान उस समय रखना चाहिए जब आपतित पावर समय के साथ-साथ बदलती है तथा जब संसूचक के इस निवेश पावर को सूक्ष्मता से मापने की उम्मीद की जाती है।

इस हालत में यह स्पष्ट है कि निर्गम सिग्नाल कम होगा, अपेक्षा कि उस अवस्था से, जब निवेश सिग्नाल अनुक्रिया समय की अपेक्षा कई गुना लम्बे अस के लिए विद्यमान हो।

सारे संसूचक निर्गम में लघु घटाव-बढ़ाव पंदा करते हैं, भले ही निवेश पावर का ग्रीसन बिल्कुल ही न बदले। इन निर्गम घटाव-बढ़ाव को संसूचक रव कहते हैं। यह संसूचक एवं सम्बन्धित पर्यावरण में अन्तर्निहित निर्गम सिग्नाल का चेतनतीव घटाव-बढ़ाव होता है। जब संसूचक निम्न तापमान पर रखा जाता है तो "रव" में काफी कमी आती है। कुछ मामलों में तापमान द्रव नाइट्रोजन या द्रव हीलियम तापमान जैसा निम्न हो जाता है।

अगर आपतित पावर उस स्थान पर कम दी जाती है, जहाँ पर सिग्नाल का आयाम क्लट-मीन-वर्ग निर्गम बराबर हो, तो उस आपतित पावर को रव तुल्य पावर (एन.ई.पी.) कहते हैं। निश्चय ही एक संसूचक तभी उपयोगी हो सकता है जब आपतित पावर एन.ई.पी. से काफी ज्यादा हो। एक अच्छे संसूचक की अनुक्रियाशीलता ज्यादा होनी चाहिए, अनुक्रिया समय कम होना चाहिए तथा एन ई पी कम होना चाहिए। संसूचक के इस आखिरी गुण को संसूचकता (D) कहते हैं तथा यह एन.ई.पी. का व्युत्क्रम होती है, इसलिए अधिक मान की संसूचकता वाला संसूचक अच्छा होता है। इसलिए

$$D = \frac{1}{NEP}$$

एक संसूचक का एन ई.पी. इसके क्षेत्र एवं तरंग बैंड, जिसके अन्तर्गत संसूचकता मापी गई है, पर निर्भर करता है। इसलिए हम एक नया शब्द संसूचकी स्टार (D^*) परिभाषित करते हैं, जो संसूचक की प्रति इकाई संसूचकता को प्रदर्शित करता है, जहाँ पर तरंग बैंड की चौड़ाई केवल एक हर्ट्ज है। D^* की इकाई वाट⁻¹ से०मी० इत्सं^{1/2} है।

अवरक्त संसूचको के आवश्यक लक्षण सारणी 1 में दिये गये हैं :

कुछ अवर्तक संयुक्तों के विशेष लक्षण

संयुक्त पदार्थ	कार्यशीलता का तरीका	उपयोगी तरंगदैर्घ्य रेंज (माइक्रोमीटर)	शीर्ष अनुक्रिया की तरंगदैर्घ्य (माइक्रोसेकेंड)	समय स्थिरता (माइक्रोसेकेंड)	इंगित आवृत्ति में D* का मान जिसकी इकाई से.मी. हर्ट्स वा० ⁻¹ है (हर्ट्स में)
कमरे के तापमान पर संचालन सेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0.6—3.0	2.3—2.7	50—500	$1—7 \times 10^8 (800)$
इन्डियम असेनाइड (In As)	पी.वी.	1—3.7	3.2	1	$1—3 \times 10^8 (900)$
195° केल्विन तापमान पर संचालन सेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0.5—3.3	2.6	800—4000	$0.7—7 \times 10^9 (800)$
इन्डियम एंटीमोनाइड (In Sb)	पी.सी.	0.5—6.5	5.1	1	$1 \times 10^9 (800)$

77° केल्विन तापमान पर संचालन

सेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0.7—3.8	29	500—3000	$3-8 \times 10^9(800)$
इंडियम एंटीमोनाइड (In Sb)	पी.सी.	0.7—5.9	53	1—10	$3-10 \times 10^9(800)$
मर्करी कैंडमियम टेलूराइड (Hg Cd Te)	पी.बी.	6—15	106	.01	$10^9-10^{10}(900)$

55° केल्विन से कम तापमान पर संचालन

मर्करी लेपन युक्त जर्मोनियम (Ge : Hg) 30° केल्विन	पी.सी.	3—14	1	1	$3-9 \times 10^9(900)$
नापर लेपन युक्त जर्मोनियम (Ge : Cu) 4.2° केल्विन	पी.सी.	6—29	23	1	$5-10 \times 10^9(1800)$

प्रकाशिकी यान्त्रिकी क्रमवीक्षक

प्रकाशिकी तंत्र के नाभि केन्द्र पर रखा एक प्रवेक्षक, संयुक्त प्रकाशिकी एक लघु फील्ड से निकलते विकिरण की माप कर सकता है, जिसका दृश्यीय प्रकार संयुक्त के द्वारा बिम्ब के तल पर प्रक्षिप्त प्रतिबिम्ब के बराबर होता है। लघु फील्ड दृश्य, जिसे तत्कालिक लघु फील्ड दृश्य कहते हैं, को टेलीविजन प्रणाली से मिलते-जुलते तरीके से सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब तल में स्वीप कराया जा सकता है, जो रास्टर मोड में प्रतिबिम्ब तल के धारदार संयुक्त को घुमाने से संभव है। यह उस परिस्थिति में भी संभव है जब संयुक्त को अचल स्थिति में रखा जाय तथा सम्पूर्ण प्रकाशिकी तंत्र को सम्पूर्ण बिम्ब तल को प्राक्ष्य-दित करने के लिए घुमाया जाय, जिसकी प्रक्रिया अक्षरवार पढ़ने के तरीके से मिलती जुलती है। इसे क्रमवीक्षण कहते हैं। क्रमवीक्षण के द्वितीय तरीके में किये गये परिवर्तन का मुख्य उद्देश्य वस्तु एवं प्रकाशिकी तंत्र के बीच में एक समतल दर्पण का प्रवेश कराना है, जिसके द्वारा प्रकाशिकी तंत्र दर्पण से परावर्तित बिम्ब तल को देख सके। दर्पण को घुमाने तथा मंच को दर्पण की अक्ष रेखा के साथ घुमाने से बिम्ब तल को तादिक रूप से क्रमवीक्षित किया जा सकता है। इस प्रकार प्रत्येक तत्व से निकला विकिरण संयुक्त के द्वारा एक दिशे हुए अनुक्रम में रिकार्ड किया जा सकेगा।

संयुक्त से प्राप्य निर्गम प्रायः विद्युत् सिग्नल के रूप में होता है, और इस प्रकार अर्कडे चुम्बकीय टेप में परिमाणारमक तरीके से संचित किये जा सकते हैं। ये टेप अर्कडे एवं अनुक्रम कम्प्यूटर की सहायता से वास्तविक समय या बाद में संसाधित किये जा सकते हैं तथा मानचित्रों के तरह की आकृतियों को बनाने में प्रयुक्त हो सकते हैं।

एक बिम्ब तल को क्रमवीक्षण करने के बहुत से अन्य भी तरीके हैं। आज की एक आधुनिक तकनीक का नाम "पुश ब्रूम क्रमवीक्षक" है। इस तरीके में संयुक्त के रैखिक व्यूहो को गाड़ी के भू-तल की लम्बाकार दिशा में अभिमुख किया जाता है जिससे संयुक्त के फील्ड दृश्य को पुश ब्रूम तरीके की भाँति-इच्छित भू-भाग के धार-पार स्वेष्ट किया जा सके।

एक चैनल क्रमवीक्षण चित्र में योजनाबद्ध तरीके से दिखाया गया है। प्रवर्धन के बाद संयुक्त के निर्गम को या तो चुम्बकीय टेप में रिकार्ड किया

जा सकता है या एक ग्लो-ट्यूब को प्रेरित करने के लिए किया जा सकता है, जिससे "वास्तविक-समय" प्रतिबिम्बिणी बनाने के लिए सिमल को प्रकाशिकी तरीके से एक घूमती हुई फिल्म में रिकार्ड किया जा सके। तापीय अवरोक्त (10-12)^μ के समूचक के लिए द्रव नाइट्रोजन से ठंडा किये गये मर्करी-कैंडमियम-टेलुराइड समूचक का प्रयोग किया जाता है। इस संयुचक की शीर्ष अनुक्रिया 10⁶ पर होती है, और 900 हर्ट्स तथा 01 माइक्रो सेकेंड अनुक्रिया समय के लिए D* का मान 10⁹-10¹⁰ से० मी० हर्ट्स^{1/2} वाट⁻¹ होता है। (सारणी 1 देखें)

एक बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक (एम. एस. एस.) वह यन्त्र है, जो बिम्ब तल के लघु फील्ड दृश्य से निकले विकिरण को कुछ स्पेक्ट्रमी बैंडों में बाट देता है, तथा प्रत्येक बैंड की तीव्रता समुचित लक्षणों वाले अलग-अलग समूचको द्वारा पता की जाती है। कुछ मामलों में विभेदन डाइफ्रैक्टिफ पुंज पृथक्कारी के द्वारा प्रभावित होता है तथा दूसरो में यह प्रिज्म या ग्रेटिंग के द्वारा किया जाता है। पृथक् किये हुए विकिरण को रेशा प्रकाशिकी द्वारा समूचक तक ले जाते हैं। चित्र 9 में बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक की योजनाबद्ध तरीके से दिखाया गया है।

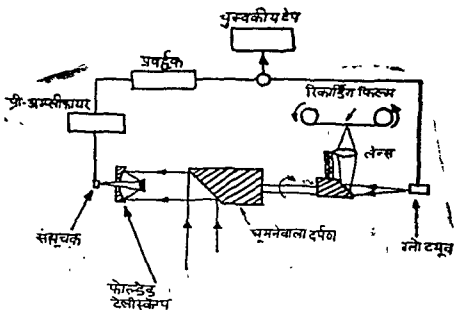
कृषि, वन्य शास्त्र, भू-विज्ञान इत्यादि के लिए सुदूर संवेदन तकनीक के उपयोगों को प्रयोग करने के लिए प्रायः चार चैनल की आवश्यकता पड़ती है; दो दृष्टिगोचर क्षेत्र में, एक निकट-अवरोक्त क्षेत्र में और एक तापीय अवरोक्त क्षेत्र में। लैन्डसैट में रहे एम. एस. एस. में चार चैनल हैं; 0.5 से 0.6^μ, 0.6 से 0.7^μ, 0.7 से 0.8^μ और 0.8 से 1.1^μ। प्रत्येक चैनल में एक प्रकार से 6 समूचक है, जिससे प्रत्येक प्रतिबिम्ब दर्पण को 6 क्रमवीक्षक रेखाओं से मापने कर सके।

क्रमवीक्षण का संचालन

काली या सफेद अथवा दोपयुक्त रंगीन फिल्म में समुचित फिल्टरो को प्रयोग करके भी गई हवाई फोटोग्राफी पृथ्वी की सतह की वस्तुओं एवं घटनाओं का बहुत ही अच्छा संवेदन कर सकती हैं, इसके लिए उपकरण चाहे वायुयान में रखे हो या अन्तरिक्षयान में। पदार्थों की सापेक्ष स्थितियों का निर्धारण परिशुद्ध रूप में कैमरा तथा की ज्यामिति से किया जाता है। समान

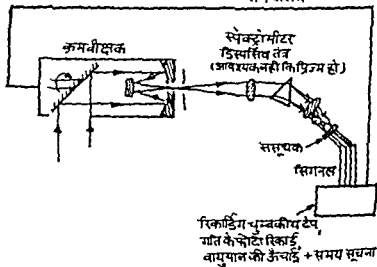
वियोजन को ध्यान में रखते हुए इस प्रकार की फोटोग्राफी का अपेक्षा प्रकाशिकी-यान्त्रिकी क्रमवीधक काफी महंगा तथा काफी जटिल होता है।

क्रमवीधक युक्त वायुमान की गति का सूक्ष्म अनुमान अवश्य होना चाहिए, जिसमें विरूपण की पूर्ति की जा सके। किसी दृश्य के प्रत्येक भाग का प्रेक्षण भिन्न-भिन्न समय पर होता है तथा भू-दृष्टि के किनारे परमानागुणक दूरी में रैखिक होता है जब कि भू-दृष्टि की लम्ब दिशा में यह कोणीय भाव में रैखिक होता है। इन अवस्थाओं के होने के बावजूद, क्रमवीधक उपकरण के प्रयोग का मुख्य कारण यह है कि अच्छी यथार्थता के स्पेक्ट्रमी एवं त्रिविम रेडियोमिट्रिक परिमाणन एक ऐसी अवस्था में किये जा सकते हैं, जिनका प्रेषण एवं संचय आसानी से किया जा सके। दृष्टिगोचर एवं फोटोग्राफिक रेंज के बाहर अनेकों स्पेक्ट्रमी बंडों में मापन की क्षमता एक दूसरा लाभ है। सामान्यतया समूचक फोटोग्राफिक फिल्म की अपेक्षा ज्यादा चौड़ी गतिक रेंज रखते हैं। समूचक के सिम्बल विद्युतीय होते हैं तथा अशाकन के प्रति आसानी



चित्र (8) एक चैनल क्रमवीधण रेडियोमीटर का योजनाबद्ध चित्र (ध्यान देने की बात यह है कि रेकार्डिंग यूनिट में लेंस घूमने वाले दर्पण के साथ लगा हुआ है, तथा इसी के साथ घूमता है)

समकलन



चित्र (9) बहुसंपन्न स्पेक्ट्रल क्रमवीक्षक (एम०एस०एस०) का योजनाबद्ध चित्र

से प्रभाव्य होते हैं और इस प्रकार उनसे अच्छे परिमाणात्मक मांकड़े प्राप्त होते हैं। परिमाणात्मक होने के कारण विद्युतीय आकड़ा कम्प्यूटर अनुकूल चुम्बकीय टेप में रिकार्ड किये जा सकते हैं तथा इस प्रकार वे आसानी से स्वचालित या अर्द्ध स्वचालित कम्प्यूटेशन के लिए काफी अनुकूल हो जाते हैं तथा उनका विश्लेषण, इलेक्ट्रॉनिकी कम्प्यूटरो की सहायता से आसानी से किया जा सकता है।

समुचित रूप से डिजाइन किये गये बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक में प्रत्येक समूचक, दृश्य के प्रत्येक वियोजन भाग को समान रूप से देखता है जिसमें तरंगदैर्घ्य भिन्न-भिन्न होते हैं। इसमें स्थान और समय में पजीकरण स्वचालित होता है। प्रत्येक समूचक के निर्गम से एक निश्चित तरंग बैंड में दृश्य के चमकीलेपन के अनुसार वीडियो सिग्नल प्राप्त होता है। प्रत्येक समूचक से वीडियो सिग्नल एक दृश्य प्रतिबिम्बकी के निर्माण के लिए प्रयुक्त किया जाता है, जिसका सम्बन्ध उस तरंग बैंड में हुए विकिरणता के परिवर्तन से होता है। जब विभिन्न प्रकार की वस्तुओं जैसे गेहूँ की फसल, घास का मैदान या केवच मिट्टी के स्पेक्ट्रमी मिश्रण मालूम होते हैं तो दो या तीन चैनल के वीडियो

सिग्नलों की एक झकेले प्रोसेसर के द्वारा मंयुक्त किया जा सकता है। कुछ विशेष विकिरणगुताओं को दाबने के लिए इसकी डिजाइन इस प्रकार की जा सकती है जिससे एक ऐसा बीडियो सिग्नल प्राप्त हो, जिसकी तीव्रता इस सम्भावना की समानुपाती होती है कि मापन से प्राप्त स्पेक्ट्रम उपलब्ध लक्षणों में से एक है। स्वचालित धांकड़ा ससाधन का यह एक तरीका है जिससे किसी विशेष फसल या नक्षण की तालिका तैयार की जा सकती है।

वास्तविक समकालीन बहु-स्पेक्ट्रमी संवेदन की वस्तुओं में भेद बताने की क्षमता बहुत अधिक है। एक संवेदक घ्रासानी में दस भूरे रंग की लाइनों में अन्तर बता सकता है। अगर ऐसी संवेदन प्रक्रिया पाच विभिन्न तरंगदैर्घ्यों में की जा सके, जिसमें दस भूरी लाइनों में भेद बता सकना सम्भव हो, तो पाच तरंग बंडो के सिग्नल एक साथ 10^5 अवस्थाओं की क्षमता रखेंगे, जिनका कम्प्यूटर की सहायता से विश्लेषण किया जा सकेगा तथा "भू" श्रेणियों से सह-सम्बन्धन भी सम्भव होगा।

स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षकों के कुछ पहलू

एक समूचक हवाई मंच पर इस प्रकार रखा जाता है, जिससे देखने वाले टेलीस्कोप की प्रकाशिकी अक्ष रेखा और समतल दर्पण की चक्रीय अक्ष रेखा एक दिशा में हों, तथा यह दोनों समतल रेखाएँ होती हैं और इनका अभिविन्यास उड़ान की दिशा में होता है। समतल दर्पण चक्रीय अक्ष रेखा के 45° कोण पर झुका होता है। जब दर्पण घूमता है, तो घूमती हुई फील्ड आवर्ती रूप से पृथ्वी की एक पट्टी को काटेगी तथा एक के बाद एक आने वाली पट्टियाँ भू-दृक् पर लम्बाकार रूप में प्रकट होंगी और Vt दूरी से पृथक होंगी, जिनमें V वाहनीय गति है और t दर्पण के द्वारा एक चक्कर में लिया हुआ समय है (अगर अक्ष रेखा पर 'n' दर्पण लगाये जायें तो कुल समय प्रत्येक दर्पण के द्वारा एक चक्कर में लिये गये समय का $\frac{1}{n}$ होगा)।

एक ठोस कोण \cap के वर्गाकार दृष्टि क्षेत्र (जैसा कि वर्ग समूचक के आकार के द्वारा परिभाषित है) $\cap = S^2$ स्ट्रैडियन्स, Sh एक सिट्रप की चौड़ाई को बतायेगी जो वायुयान के सीधे नीचे है, जिसमें h भू-भाग के ऊपर हवाई जहाज की ऊँचाई है। इस प्रकार क्रमवीक्षित पट्टी को समीपस्थ (नाडिर पर) बनाने के लिए हमें आवश्यकता होगी,

$$Vt = Sh$$

तन्त्र की प्रकाशिकी ग्रह रेखा की दिशा में दर्पण के चक्कर के साथ जैसे-जैसे दृष्टि क्षेत्र दूर होता है, पट्टी की चौड़ाई W बिम्ब तल की दूरी के साथ बढ़ती है :

$$W = Sh/\cos\alpha$$

जहाँ α दर्पण की लम्बवत देखने की अवस्था से कोणीय घुमाव को प्रदर्शित करता है ।

इसके अलावा प्रारम्भिक (प्रधोबिन्दु पर) दृष्टि-क्षेत्र विह्वलित हो जाती है, जब इसका भुजाव शीर्ष की ओर होता है । इस प्रकार एक विस्तार $Sh/\cos\alpha$ और दूसरा विस्तार $Sh/\cos^2\alpha$ है ।

दर्पण के घूमने की कोणीय गति,

$$w = \frac{2\pi}{t} = \frac{2\pi}{Sh} V$$

समय t_1 जिसके अन्तर्गत समूचक पृथ्वी की सतह के एक दृश्य का प्रवलोकन करता रहा, निम्न है,

$$t_1 = \frac{S}{w} = \frac{S^2 h}{2\pi V} \text{ सेकण्ड}$$

इसे "वास" समय कहते हैं । तन्त्र से कोई उपयोगी सूचना प्राप्त करने के लिए समूचक का अनुक्रिया समय काफी अधिक होना चाहिए । अगर प्रकाशिकी तन्त्र का द्वारक प्रधोबिन्दु से किमी भी छोरे में 60° की कोणीय चौड़ाई की अनुमति देता है, तो भू-भाग को देखने के लिए दर्पण को केवल एक तिहाई घूमने की आवश्यकता पड़ती है । शेष दो तिहाई समय को "विश्रान्तिकाल" कहते हैं क्योंकि उस समय किमी घांरुड़े का मंचय करना सम्भव नहीं । इस समय का कुछ भाग समूचक को प्रान्तरिक स्रोत की ओर उन्मुख करके ग्रंथ शोधन के लिए प्रयोग किया जा सकता है । 'विश्रान्तिकाल' को कम करने का दूसरा तरीका है उसी गैंगट में लगे दर्पणों की मध्या से बढ़ा देना ।

5. टेलीविजन तन्त्र

टेलीविजन तन्त्र सामान्यतया अन्तरिक्ष फोटोग्राफी एवं प्रेषण के लिए सबसे अधिक प्रयोग दिव्य ज्ञान वाले उपकरणों में से एक है । यह तन्त्र

छोटे आकार एवं भार के होते हैं, इनमें किसी प्रकार के गतिशील अवयव नहीं होते; इनके द्वारा संचित आंकड़े अनुरूप एवं अंकीय विद्युत संकेतो के रूप में आसानी से दूरमिति तन्त्र के द्वारा पृथ्वी को भेजे जा सकते हैं। इस प्रकार यह सिग्नल प्रतिबिम्बकी या कम्प्यूटर के द्वारा इलेक्ट्रानिकी प्रोसेसिंग के लिए पुनः परिवर्तित किया जा सकता है।

टेलीविजन तन्त्र एक फोटो सूक्ष्म ग्राही परत पर, जिस पर प्रतिबिम्ब केन्द्रित किया गया है, रास्टर पैटर्न में एक इलेक्ट्रान किरण पुंज का मार्जन करके दृष्टि क्षेत्र के फ्रेम प्रतिबिम्ब पैदा करता है। वास्तविक संचालन, तन्त्र में प्रयुक्त ट्यूब के प्रकार पर निर्भर करना है। वायुयान से सुदूर संवेदन के लिए सामान्यतया दो प्रकार की ट्यूबों का प्रयोग किया जाता है—विडिकन और प्रत्यावर्ती बीम विडिकन।

विडिकन ट्यूब में इलेक्ट्रान गन युक्त एक शून्य आच्छादन होता है, जो ट्यूब की खिड़की (लक्ष्य) पर लगी फोटो संचालित रोधी परत की ओर उन्मुख होता है। प्रचालन में इलेक्ट्रॉन बीम लक्ष्य की स्वतन्त्र सतह का क्रमवीक्षण करती है, जो अन्त में शून्य वोल्टेज पर आकर स्थायी होता है। छोर खिड़की की आन्तरिक सतह एक चालक पारदर्शक फिल्म से ढकी होती है, जिसका विभव $+30V$ होता है। जब प्रकाशिकी को प्रतिबिम्ब लक्ष्य की ओर केन्द्रित किया जाता है, तो रोधी परत के प्रदीप्त भाग में थोड़े चालक गुण पैदा हो जाते हैं, जिससे स्वतन्त्र इलेक्ट्रॉन प्रेरक फोटो-धारा के समानुपात में 30 वोल्ट प्लेट विभव की ओर विस्थापित होते हैं। लक्ष्य पदार्थ के आयतन एवं सतह की प्रतिरोधकता के कारण लक्ष्य की सतह पर एक चार्ज पैटर्न बनता है, जो कि प्रकाशिकी प्रतिबिम्ब से मिलता जुलता है। बिना किसी विशेष हानि के इस पाजिटिव चार्ज पैटर्न को तब तक बनाये रखा जाता है जब तक कि इलेक्ट्रॉन किरण पुंज सतह का क्रमवीक्षण करते रहते हैं तथा इलेक्ट्रान को एकत्र करके इसे शून्य विभव पर वापस लाया जाता है। तत्पश्चात् एक अनुरूप टेलीविजन सिग्नल बैकप्लेट कनेक्शन में विस्थापित धारा के रूप में प्रकट होता है तथा उसके बाद इसका प्रवर्द्धन किया जाता है। क्रमवीक्षित बिन्दु के नीचे का क्षेत्र एक फोटो तत्व (पिनसल) से सीधा सम्बन्ध रखता है तथा क्रमवीक्षण के दौरान प्राप्त चार्ज अनावरण काल में समकालित फोटो धारा से सम्बन्धित होता है।

प्रत्यावर्ती बीम विडिकन (घार. बी. बी.) ट्यूब विडिकन से मिलती जुलती है, अन्तर केवल यह है कि सिग्नल को क्रमवीक्षण इलेक्ट्रॉन किरण पुंज के उच्च भाग से प्राप्त किया जाता है, जिसका प्रयोग नहीं किया जाता है। यह उसी रास्ते से वापस जाता है जिस रास्ते से आगे वाली किरण पुंज आती है और उसके बाद सिग्नल बीडियों मॉडुलित इलेक्ट्रॉन किरण पुंज के रूप में व्युत्पन्न किया जाता है, जो बिना किसी अवाछनीय रव के साथ ट्यूब के अन्दर लगे इलेक्ट्रॉन गन के साथ संलग्न इलेक्ट्रॉन बहुगुणक के द्वारा प्रवर्द्धित किया जाता है। प्रकाश के निम्न स्तरों में यह विशिष्टता घार.बी.बी. को अधिक सूक्ष्मप्राहिता प्रदान करती है तथा साथ-साथ ही एक निदिष्ट आकार के लक्ष्य के लिए ज्यादा विभेदन भी प्रदान करती है।

ट्यूब का निर्गम सिग्नल एक ही घार.टी. को तीव्रता-मॉडुलित करने के लिए प्रयुक्त हो सकता है तथा प्रेक्षित वस्तु का वास्तविक समय में प्रति-बिम्ब प्रदान कर सकता है। अधिकतम मामलों में ट्यूब से प्राप्त सिग्नलों को डिजिटाइज करते हैं तथा तुल्यकाचन सूचना के साथ इन्हें दूरमिति तन्त्र के द्वारा पृथगी की ओर भेज देते हैं। इस आकड़े का उपयोग प्रतिबिम्बकी पंदा करने के लिए किया जाता है या संसाधन के लिए चुम्बकीय टेप में संचित कर लिया जाता है।

तरंग दैर्घ्य, जिसके अन्तर्गत ये ट्यूबें काम करती हैं, सामान्यतया दृष्टिगोचर क्षेत्र में होती हैं। इसलिए ये प्रायः दिन में ही प्रयोग में लाई जा सकती हैं, जब वस्तुएं सूर्य प्रकाश के दृष्टिगोचर भागों का उत्सर्जन करती हैं।

ट्यूबों का विभेदन 10 से 100 लाइन मि. मी. तक जाता है। जब प्रकाशिकी तन्त्र का नाम्यान्तर काफी ज्यादा होता है तो कोणीय विभेदन काफी कम किया जा सकता है—इसे $1/Re$ से प्रदर्शित किया जा सकता है, जहां Re ट्यूब का विभेदन है और f इसका नाम्यान्तर है।

टेलीविजन तन्त्र ने मौसमी उपग्रहों और ई. घार. टी. एस. तन्त्रों के लिए अपने को बड़ा उपयोगी सिद्ध कर दिखाया है। ऐसी आशा है कि शीघ्र ही टेलीविजन तन्त्र हवाई सर्वेक्षण के लिए भी प्रयोग में लाये जायेंगे। इसमें वास्तविक समय प्रदर्शन से सम्बन्धित फोटोग्राफी के सारे लाभ निहित हैं तथा प्रेषण, संचय और कम्प्यूटर संसाधन की मुविधाएं भी मौजूद हैं।

6. पृथ्वी लक्षण पहचान

कैमग तंत्र पृथ्वी की सतह के चित्र (i) विभिन्न काल और सफेद तरंग दैर्घ्यों (ii) बाम्बविक रंगों (iii) दोषयुक्त रंगीन धवरक्त. में प्राप्त करते हैं जिसमें धवरक्त को लाल रंग की तरह परीकृत किया जाता है और प्राकृतिक हरे को नीले की तरह परीकृत किया जाता है। पीले फिल्टर के द्वारा नीले, इन्डिगो एव बैंगनी रंगों को पूर्णरूपेण हटा दिया जाता है। आवश्यकतानुसार धनुष्य में तथा सामान्यतया धनीय रूप में प्रत्येक भू तत्व से निकली विभिन्न स्पेक्ट्रमी बैंडों की विकिरणता क्रमबद्ध तंत्र के द्वारा रिकार्ड कर ली जाती है। उसके बाद चुम्बकीय टेपों का प्रयोग विशिष्ट टेलीविजन की तरह के इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के द्वारा प्रतिबिम्बकियों को पैदा करने के लिए किया जा सकता है और यह क्रिया या तो विभिन्न रंगीन कोडों में या काले और सफेद रंगों में या धकेले फोटों के रूप में, जहां सारे रंग संयुक्त करके एक कर दिये गये हों, किया जाता है। विभिन्न चैनलों में धनीय धांकड़ों का उपयोग कम्प्यूटर समाधान या मानव धर्वाभिव्यंजन (पारस्परिक टकराव का प्रयोग करते हुए) या उस मशीन की तरह किया जा सकता है जो वर्गीकरण के विषय में धन्तिम निर्णय लेती है।

लाक्षणिक पहचान के क्षेत्र में निम्नलिखित तीन प्रभावों का प्रयोग भेद पना करने के लिए किया जाता है :

- (1) त्रिविम प्रभाव
- (2) स्पेक्ट्रमी प्रभाव
- (3) सामयिक प्रभाव

जब म इक्रोवेव का प्रयोग किया जाता है तो ध्रुवण प्रभाव का भी प्रयोग किया जाता है।

ऐतिहासिक तौर पर त्रिविम और स्पेक्ट्रमी प्रभावों का प्रयोग फोटो-धर्वाभिव्यंजन ने लाक्षणिक पहचान के लिए किया है। उदाहरणार्थ, त्रिविम प्रभाव के द्वारा नारियल के पेड़ समूहों एव कैले के पेड़ समूहों के बीच धन्तर पता किया जाता है जिसमें प्रत्येक पेड़ की बीच की दूरी का पता करना भी

शामिल है। स्पेक्ट्रमी प्रभावों के द्वारा ही हम नाल गुलाबों के उद्यान तथा पीले गंदे के फूल के उद्यानों के बीच में अंतर का पता लगाते हैं। सामयिक प्रभावों के द्वारा ही हम एक पूर्ण विकसित टोक के जंगल को, जो कुछ मास पहले पत्तियों से परिपूर्ण था, से पहचानते हैं।

कम्प्यूटर के द्वारा स्वचालित लाक्षणिक पहचान के अनेक प्रयत्न करने के बावजूद मानव अर्थनिर्वाचक इस क्षेत्र में अब भी अद्वितीय है। लेकिन जब बहुत सारी प्रतिबिम्बकी को अन्तरित करना होता है तो स्पेक्ट्रमी प्रभावों को प्रयोग करके कम्प्यूटर के द्वारा विश्लेषण आवश्यक हो जाता है और सीमित क्षेत्र में कम्प्यूटर के द्वारा विश्लेषण श्रेष्ठ होते हैं।

कम्प्यूटर तरीकों को पैटर्न पहचान तकनीक कहते हैं। ये मूल रूप से सांख्यिकीय निर्णय परिकल्पनाओं में प्रयुक्त तरीके होते हैं।

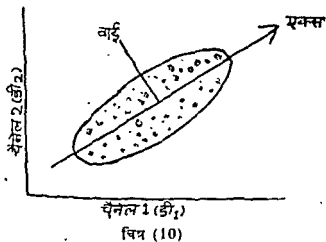
विशेष "श्रेणियों" के स्पेक्ट्रमी प्रभाव को निर्धारित करने के लिए सम्भावना गुणांक तय किये जाते हैं तथा उसी के आधार पर स्पेक्ट्रमी प्रभावों का प्रत्येक संयोजन "एक श्रेणी" के अन्दर रखा जाता है। उसके बाद "भू-लक्ष्य" निर्धारण प्रत्येक "श्रेणी" को एक विशेष भू-लक्षण प्रदान करता है, जो या तो सीधे किया जाता है या प्रत्येक "श्रेणी" के पूर्व विदित स्पेक्ट्रमी गुणों के आधार पर किया जाता है। दूसरे तरीके में पूर्वविदित भू लक्षणों वाले विशिष्ट लक्ष्यों पर कम्प्यूटर को प्रशिक्षित करके प्रतिबिम्बकी का पता लगाया जाता है। "प्रशिक्षण सेटों" के स्पेक्ट्रमी लक्षणों से सम्बन्धित क्षेत्रों को कम्प्यूटर प्रिन्ट कर लेता है।

"प्रशिक्षण सेटों" के साथ भी प्रयुक्त तरीका सांख्यिकीय निर्णय सिद्धान्त होता है। "प्रशिक्षण सेटों" से सांख्यिकीय आकड़े जैसे औसत, मानक विचलन, सहविचरण इत्यादि कुछ हजार विभेदन तत्वों के द्वारा कम्प्यूट किये जा सकते हैं। उसके बाद उन्हें सामान्य क्षेत्र के लिए प्रयोग करते हैं।

दूसरे प्रयुक्त तरीके का नाम "क्लस्टरिंग तकनीक" है। विभिन्न आकृतियों की बहु-चैनल विकिरणता सम्बन्धित बहु-मायाधीय मापन क्षेत्र में विभिन्न स्थानों पर एक पंज होने का प्रयास करती है। इसके द्वारा कम्प्यूटर

विद्यमान श्रेणियों की गणना करता है तथा यह भी पता लगाता है कि कौन सा विद्योजन उनसे सम्बन्ध रखता है। तत्परचात् इन श्रेणियों की पहचान या तो भू-तप्य मापन के सन्दर्भ में की जा सकती है या आंकड़ा बैंक से प्राप्य विभिन्न स्पेक्ट्रमी लिग्नेचरों से तुलना करके की जा सकती है।

उपकरण निर्माणाकर्ता विभिन्न चैनलों युक्त आधुनिक उपकरणों का निर्माण करते हैं जैसे 12 और 14 चैनल। यह निश्चित नहीं है कि स्थलीय लक्षणों के बीच भेद पता करने के लिए क्या सारे चैनलों में विकिरणता प्राप्त करना जरूरी है? इसको पता करने के लिए गुणांक विश्लेषण मिड्रात का सहारा लेना आवश्यक है। गुणांक विश्लेषण मुख्य अवयवों के रूपान्तरों पर आधारित है। इसको समझाने के लिए नीचे बने चित्र के काल्पनिक परिणामों का उल्लेख किया जा सकता है।



इसमें दो स्पेक्ट्रमी अवयवों का प्रयोग हुआ है। पहली नई अक्ष रेखा का चयन इस प्रकार हुआ है कि यह आंकड़ों के अधिकतम फैलाव वाली दिशा में रहे। यह वह दिशा है जिसमें अधिकतम सूचना होती है। दूसरी अक्ष रेखा पहली अक्ष रेखा पर लम्ब होती है तथा इसका चयन उस ओर किया जाता है जहाँ विखराव अधिकतम होता है। अधिक स्पेक्ट्रमी चैनल वाली उच्च प्रायामीय परिस्थितियों में कुछ अन्य अक्ष रेखाओं का चयन किया जाता है जो पहले वाली अक्ष रेखा पर लम्ब होती है। अनुभव के आधार पर यह

पाया गया है कि बहु-स्पेक्ट्रमी आकड़े स्पेक्ट्रमी बैंडों में काफी ज्यादा एक-दूसरे से सम्बन्धित होते हैं, और जब—घायाभोग स्थान में रखे जाते हैं तो वे सामान्यतया लम्बा और संकीर्ण वितरण पैदा करते हैं। इसका मतलब यह है कि केवल कुछ अवयव ही आवश्यक हैं। एक अध्ययन के आधार पर जिसमें 12 चैनल प्रयुक्त हुए, यह पाया गया कि कुल सूचना का 80% से ज्यादा भाग केवल चार चैनल में ही निहित था। निःसंदेह उपर्युक्त विश्लेषण के आधार पर उन चैनलों का पता लगाया जा सकता है।

संसाधन तकनीक

यह कुछ मूल्यवान रूपान्तर होते हैं जो प्रारम्भिक आकड़ों पर घटनाएँ जाते हैं तथा जो यथार्थता को बढ़ाते हैं और कम्प्यूटर संसाधन में लगे समय को कम करते हैं। इनमें से कुछ रूपान्तरण निम्न हैं :

(i) प्रत्येक चैनल में पिक्सल से प्राप्त विकिरणता तथा सारे चैनलों में उसी पिक्सल से प्राप्त कुल विकिरणता का अनुपात।

(ii) आसपास के चैनलों से विकिरणता।

(iii) आसपास के चैनलों की विकिरणता के अन्तर और जोड़ का अनुपात

प्रयोगों के द्वारा यह सिद्ध किया जा चुका है कि अन्तिम रूपान्तरण सबसे अच्छे परिणाम प्रदान करता है।

फोटोग्राफी लक्षण पहचान तकनीक

काली और सफेद प्रतिबिम्बकी का दृष्टीय अर्थनिर्बचन (फोटो अर्थ-निवेचक के द्वारा, जिसमें भिन्न-भिन्न क्षेत्रों जैसे कृषि, वन्यशास्त्र, भू-गर्भशास्त्र, मानचित्रकला, भूमि उपयोग इत्यादि शामिल हैं) सामान्य तरीका चला आया है। जब बहु-स्पेक्ट्रमी प्रतिबिम्बकी अच्छे पंजीकरण से प्राप्त की जाती है तो (उसी फिल्म के विभिन्न भागों में विभिन्न फिल्टरों के प्रयोग से जिसके अन्तर्गत चार या अधिक कैमरा लेंसों का प्रयोग किया गया हो) उन्नतशील तकनीक सम्भव होती है। मोटे तौर पर इन्हें रंग वृद्धि तकनीक एवं रंग संयुक्तिकरण तकनीक कहते हैं।

प्रतिबिम्ब के संयुक्तीकरण एवं वृद्धिकरण का सामान्य तरीका प्रकाशिकी संयुक्तीकरण से प्राप्त होता है। तीन और चार स्पेक्ट्रमी बैंडों में काली और सफेद पारदर्शकताएं उसी परदे पर कई प्रकाशीय प्रोजेक्टरों की सहायता से उन्मुख की जाती हैं। प्रत्येक प्रोजेक्टर में एक रंग फिल्टर लगा होता है जिसमें रंग चमकीलापन प्रोजेक्टर लैम्प की तीव्रता की मदद से कम या ज्यादा किया जा सकता है तथा इसका यान्त्रिकी विस्थापन समुचित पंजीकरण प्रदान कर सकता है। परदे पर जो प्राप्त होता है, वह रंगों का वृद्धिकरण करता है और रंग मिश्रित प्रतिबिम्ब प्रदान करता है। तुबकेवाजी के द्वारा दृश्य के कुछ लक्षण प्रोजेक्टर स्क्रीन पर साफ-साफ प्रदर्शित किये जा सकते हैं।

इसी प्रकार वृद्धिकरण और संयुक्तीकरण प्रक्रिया इलेक्ट्रॉनिकी तरीके से भी की जा सकती है। इसमें प्रत्येक पारदर्शकता का कमबीक्षण किया जाता है और भूरे स्तरों को स्लाइस की तरह काटते हैं तथा वृद्धिकरण करते हैं। तत्पश्चात् इन्हें इलेक्ट्रॉनिकी तरीके से रंगीन कोड प्रदान किया जाता है और फिर रंगीन टेलीविजन स्क्रीन पर प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार के प्रकाशिकी और इलेक्ट्रॉनिकी रंग वृद्धिकरण तंत्र मौजूद है।

सारणी 2 में विभिन्न क्षेत्रों में सुदूर संचेदन के उदाहरणों को बताया गया है।

संदर्भ-सूची

1. रिमोट सेन्सिंग, माइसं बी.आई.एड. नेशनल एकेडमी ऑफ साइन्सेज, यू एस.ए. 1970 ।
2. प्रोसीडिंग ऑफ दी VIIवी इन्टरनेशनल सिम्पोजियम ऑन रिमोट सेन्सिंग एन्ड आर्बॉर, मिचिगन, यू एस.ए. 1971 ।
3. रिमोट सेन्सिंग ऑफ एनविरनमेन्ट, हटन मिफलिन कम्पनी डलास, यू एस.ए. ।
4. हेन्डबुक ऑफ रिमोट सेन्सिंग, टेम्नॉलोजी रिपोर्ट्स् सेन्टर, कॅन्ट, इंग्लैन्ड ।
5. मैनुअल ऑफ फोटोग्रॅमेट्री, अमेरिकन सोसाइटी ऑफ फोटोग्रॅमेटी, वरजीनिया, यू एस.ए. ।
6. टेक्स्ट बुक ऑफ फोटोग्रॅमेटी, जेजर, एच. के. लेविस एण्ड कं लन्डन ।

सारणी 2
सुदूर संवेदन के प्रयोग के उदाहरण

प्रयुक्त तरंग दैर्घ्य

उपयोग

क्षेत्र

0.4—0.9 μ और 6—10 μ

पौधों की बीमारियाँ एवं कीड़ों का लगना
प्राकृतिक वनस्पति, फसल एवं साजी उपरिचित सूक्ष्म

उपयुक्त जंसा
0.4—0.8 μ और 3—100 मि.मी. (राडार)

कृषि एवं वायु
शास्त्र

मिट्टी में नमी की मापना
कृषि के योग्य एवं कृषि के प्रयोग्य भूमि का
संश्लेषण
फसल की पैदावार की भविष्यवाणी के लिए पौधों
की वृद्धि तथा फोज का मूल्यांकन करना
भूमि के प्रकार एवं गुण

0.4—0.9 μ
0.4—0.9 μ
0.4—1.0 μ

द्विमतलक, द्विस आन्वयजन, बर्फ का संघय तथा
उपरोध परिधतन

0.4 से 0.7 μ और 3—100 मि.मी. (राडार)

आव निम्नत्रण एवं जल प्रवण्य

0.4 से 1 μ और 6—12 μ

अन्य-त्रण की तात्त्विक

0.4 से 1 μ और 6—12 μ

अन्य की धाराओं और समुद्र के किनारों की ओर
दूरदर्शन यंत्रों का प्रयोग

6—12 μ

अन्य की अंश यंत्राने वाले हस्तों का पता

0.4—0.9 μ

3—100 मि.मी. (राबार)

तरंग लंबाईयाँ एवं वहां की हवाएँ

सतह का तापमान और वहां की :

मछलियों के स्रोतों की स्थिति

समुद्रीय धाराओं का अनुमान

वाष्पीकरण का अनुमान

बर्फवात बनने की प्रारम्भिक स्थिति की

भविष्यवाणी करना

जल रंग-परिवर्तन और वहां की :

समुद्र तटों की जलयत स्थलाकृति जल प्रदूषण

ज्वमात्रा का अनुमान लगाना

मछलियों के स्रोतों का पता लगाना,

इत्यादि तरंग अपवर्तन और वहां की पेदी की

स्थलाकृति

पेट्रोलियम के तेल भण्डारों का उद्गम एवं

मरस्य उद्गम

बसोरोफिल की संकेन्द्रणता (शंवाल, प्लवक)

6—12μ

0.4—1.0μ

0.4—0.7μ और 3—100 मि.मी. (राबार)

0.4—0.7μ

0.4—1.0μ

समुद्र विज्ञान

दृश्यों एवं खनिजों का मानचित्रण होकी लाइन
 एवं पट्टिमा विवर्तनिक
 पेट्रोलियम के साथ-साथ छिपे हुए खनिज भण्डारों
 के मंरचनात्मक लक्षणों का संसूचन
 मिट्टी तथा चट्टानों के प्रकार एवं छिपे हुए खनिज
 पदार्थों के लिए अनुकूल अवस्थाएं
 तेल स्रोत चट्टानों से सम्बन्धित प्रायोडीन गैस का
 पता लगाना
 भू तापीय मानचित्रण
 भूमि में खनिज पदार्थों की उपस्थिति से प्रभावित
 वनस्पतियों का पता लगाना

भू-विज्ञान

0.4—1.0μ; 7—12μ मीर
 3—100 मि.मी. (राडार)
 उपयुक्त जंसा
 0.4—1.0μ मीर 7—12μ
 0.4—0.5μ
 3—12μ
 0.4—0.5μ

स्थलाकृतिक मानचित्रण

शहरी क्षेत्रों तथा सम्बन्धित विकास के क्षेत्रों का
 अध्ययन
 नदियों, झीलों, इत्यादि का मानचित्रण
 नमी युक्त जमीन (दलदल) का संरेखण

मानचित्रकला एय
भू-विज्ञान

0.4—1.0μ, 7—12μ मीर
 3—100 मि.मी. (राडार)
 उपयुक्त जंसा
 0.4—1.0μ मीर 7—12μ
 0.4—1.0μ, 2—5μ मीर
 3—100 मि.मी (राडार)

वायुमहतीय प्रदूषण का मापन	0.4—1.2μ
समुद्रीय जल व प्रदूषण का मापन	0.4—1.0μ और 7—12μ
जलीय परिस्थितिक तंत्र का अध्ययन	0.4—1.0μ और 7—12μ
स्थतीय परिस्थितिक तंत्र का अध्ययन	0.3—1.2μ और 3—100 मि.मी (राडार)

|

